

VARIABILIDAD ANATOMICA DE LA MADERA JUVENIL DE *Gmelina arborea* Roxb. PROCEDENTE DE DIFERENTES PLANTACIONES DE COSTA RICA

Paloma de Palacios^{1*}, Luis García Esteban¹, Antonio Guindeo¹, Francisco García Fernández², Yolanda Rodríguez¹

1) Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Ingeniería Forestal. Cátedra de Tecnología de la Madera. Ciudad Universitaria s/n. 28040 Madrid. (*) paloma.depalacios@upm.es

2) Asociación de Investigación de las Industrias de Madera y Corcho (AiTiM). c/ Flora, 3. 28013 Madrid.

Resumen

Costa Rica presenta grandes áreas reforestadas con la especie *Gmelina arborea* Roxb. Se localiza fundamentalmente en dos zonas del país con características climáticas diferenciadas: el Pacífico Seco y la Zona Norte. La mayor parte de las plantaciones tienen unas densidades muy elevadas debido a que en un principio la finalidad de las mismas era la producción de pasta y leña. El cambio de destino a producción de madera aserrada determinó que se empezaran a llevar a cabo tratamientos selvícolas con la realización de claras intermedias. El presente estudio analiza si existe alguna diferenciación anatómica en la madera juvenil de *Gmelina arborea* en función de su procedencia y del tratamiento selvícola al que haya sido sometida, así como si existe algún tipo de interacción entre las variables procedencia y tratamiento. Se concluye que la variable procedencia y la interacción de ésta y tratamiento selvícola no son significativas anatómicamente, pero sí tiene influencia la variable tratamiento en los caracteres diámetro tangencial de vasos y número de radios por milímetro.

Palabras clave: melina, tratamiento selvícola, anatomía, procedencia.

INTRODUCCIÓN

En Costa Rica, a partir de la apertura de la carretera Interamericana en 1945 y hasta los años setenta, hubo una fuerte migración hacia los bosques montanos de la Cordillera de Talamanca, bosques protectores de la biodiversidad y de las cuencas hídricas del país (AUS DER BEEK y SÁENZ 1992). Esto originó la deforestación de dichos bosques y la degradación debida a la extracción del carbón y, en menor escala, de *Quercus* y *Podocarpus* para la elaboración de muebles, toneles de vino y durmientes (BLAZER y CAMACHO 1991). A pesar de que en 1974, 154.000 de las 250.000 ha de bosque existentes fueron declaradas como reserva forestal, la situación era inestable y se empezaron a estudiar posibles alternativas para un uso sostenible (BLAZER y CAMACHO 1991).

A partir del año 1979 se inició un proceso de reforestación del país promovido por el gobierno. La política seguida fue la aplicación de incentivos fiscales, deduciendo del impuesto de la renta todas las inversiones en reforestación. Bajo este primer sistema se logró reforestar 35.597 ha en el periodo que comprende de 1979 a 1994 (SINAC, 1996).

Las principales especies con las que se ha reforestado en Costa Rica durante los últimos 15 años son: melina (*Gmelina arborea*), teca (*Tectona grandis*), laurel (*Cordia alliodora*), pochote (*Bombacopsis quinatum*) y eucalipto (*Eucalyptus declupta*). La melina abarca un 60% del total de área reforestada en el país (ALFARO, 2000). MURILLO y VALERIO (1991) caracterizan la especie como de rápido crecimiento, siendo ésta una de las principales razones por las que se ha utilizado en forma masiva para la reforestación, además de sus múltiples usos y corto turno de rotación.

Las primeras plantaciones de melina fueron efectuadas en Costa Rica entre los años 1970 y 1975 como parte de un ensayo de procedencias realizado para una empresa brasileña ubicada en Jari (Brasil). La semilla provenía de diferentes regiones del mundo (LEGA, 1988). Estos ensayos estaban dirigidos principalmente a la producción de fibra para la fabricación de papel, principal mercado de la empresa que realizó los ensayos (VALERIO, 1986).

Pronto, el sector encargado de la reforestación se dio cuenta que el país no poseía una industria papelerera capaz de consumir la materia prima producida en la reforestación. Respecto a la utilización para leña, tampoco dio los resultados esperados debido principalmente a su baja capacidad calorífica en verde, ya que en Costa Rica el consumo de leña sólo representa el 5% de todas las fuentes energéticas utilizadas en el país (ARCE y RUIZ, 2001). Esto dio como resultado que muchas fábricas empezaran a utilizar esta especie para madera aserrada. Costa Rica es en la actualidad uno de los pocos países del trópico en donde esta especie está siendo utilizada a gran escala como fuente de materia prima para madera aserrada, producción de muebles y postes rollizos tratados, entre otros.

La melina se localiza fundamentalmente en dos zonas del país con características climáticas diferenciadas: El Pacífico seco que se corresponde con la zona del Pacífico norte e incluye a la Región de Chorotega (Guanacaste), presenta una precipitación media anual de 1500 a 2500 mm con una estación seca marcada y una temperatura media anual de 25 a 27,5°C (GÓMEZ, 1989). El tipo de suelo más frecuente es haplustalf; La Zona norte corresponde a parte de las regiones Huetar Norte, Región Central (Alajuela) y parte de la Provincia de Heredia. La precipitación media anual es de 3000 a 4500 mm y la temperatura media de 20 a 25°C (GÓMEZ, 1989). Los tipos de suelo más frecuentes son Tropohumult y Dystropept

La mayor parte de las plantaciones tienen unas densidades muy elevadas debido a que en un principio la finalidad de las mismas era la producción de pasta y leña. El cambio de destino a producción de madera aserrada determinó que se empezaran a llevar a cabo tratamientos selvícolas con la realización de claras intermedias (SAGE y QUIRÓS, 2001).

Se han publicado numerosos estudios que manifiestan que para determinadas especies se han observado variaciones anatómicas de su madera en función del crecimiento de la especie en distintas latitudes o en zonas de montaña o zonas bajas. (BAAS, 1973, 1976; CARLQUIST, 1975, VAN DER GRAAFF & BASS, 1974; DEN OUTER & VEENENDAAL, 1976). Sin embargo otros autores como AKACHUKU & BURLEY (1979) achacan estos cambios a diferencias genéticas evolutivas entre poblaciones más que a diferencias medioambientales.

El presente estudio analiza si existe alguna diferenciación anatómica en la madera juvenil de Gmelina arborea en función de su procedencia de la Zona Norte o del Pacífico Seco y del tratamiento selvícola al que haya sido sometida, así como si existe algún tipo de interacción entre las variables zona y tratamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

En cada una de las 2 áreas principales de distribución de la melina se seleccionaron 29 fincas, de las cuales 10 no habían recibido ningún tratamiento selvícola y presentaban una densidad superior a 800 árboles/ha; 10 habían tenido un régimen de claras moderado que ha dado lugar a una densidad entre 400 y 800 árboles/ha; y 9 con un régimen de claras intenso y una densidad inferior a 400 árboles/ha. La edad de los árboles se encuentra entre 7 y 11 años.

De cada árbol seleccionado se cortó un disco de 2 cm de espesor a la altura de 1,5 m y a continuación una pieza de 2 cm de ancho siguiendo el radio de la dirección norte del árbol. Finalmente se obtuvo el bloque para la realización de las preparaciones de la parte cercana a la corteza para garantizar que la madera estudiada se ha formado tras los distintos tratamientos.

Las preparaciones microscópicas se realizaron según los procedimientos habituales de reblandecimiento, corte, tinción y montaje. Se establecieron como variables a estudiar: diámetro de los vasos, número de vasos/mm², diámetro de punteaduras intervasculares, altura de radios multiseriados, altura de radios uniseriados y número de radios/mm.

Para la medición de caracteres se utilizó un programa informático de Biometría desarrollado por la Unidad Docente de Tecnología de la Madera de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid.

Para determinar el tamaño de muestra óptimo a medir en cada una de las variables, se realizó un muestreo piloto fijando un error del 7% para medidas directas y de un elemento en las medidas por conteo. Finalmente se realizó un estudio estadístico de los datos obtenidos, basado en ANOVA y análisis no paramétrico cuando no se cumplían los criterios necesarios para aplicar el anterior.

RESULTADOS

La tabla 1 indica el número de mediciones llevadas a cabo para cada una de las variables medidas.

La tabla 2 muestra los resultados del análisis de varianza para las variables diámetro tangencial de vasos, número de vasos / mm², altura de radios uniseriados y número de radios / mm.

En el caso del diámetro tangencial de los vasos, se observa que existen diferencias significativas (P-value <0,05) bajo los diferentes tratamientos selvícolas. Un posterior análisis LSD muestra que los diámetros de los árboles sometidos a un tratamiento intensivo son estadísticamente diferentes a los de los árboles bajo un tratamiento moderado o sin tratamiento. Además no existen diferencias significativas para el factor zona.

En el caso del número de radios por mm, el ANOVA refleja que existen diferencias significativas (P-value <0,05) según el tratamiento y la zona. El LSD refleja que los árboles sometidos a un tratamiento selvícola intensivo tienen un número de radios por milímetro estadísticamente distinto al de los árboles bajo un tratamiento moderado o sin tratamiento.

Para el número de vasos / mm² y la altura de radios uniseriados no existen diferencias significativas para individuos bajo distintos tratamientos o creciendo en distintas zonas. Además en ninguna de las 4 variables existe interacción entre los factores tratamiento y zona.

La tabla 3 muestra el test de Kruskal-Wallis aplicado a las variables diámetro de las punteaduras y altura de radios multiseriados. En ambos casos el análisis determina que no existen diferencias significativas (P-value <0,05) bajo diferentes tratamientos o creciendo en zonas distintas.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos permiten concluir que las condiciones climáticas de la estación y los trabajos selvícolas que se realicen en las plantaciones de Costa Rica de *Gmelina arborea* Roxb., tienen una relación significativa con el diámetro de los vasos y el número de radios leñosos por milímetro en la madera.

El mayor diámetro de los vasos en árboles procedentes de plantaciones de Costa Rica sometidos a tratamientos selvícolas intensos se debe a la respuesta del árbol a la "liberación". Cuando se libera espacio de crecimiento por la ejecución de claras, la competencia por la luz, agua y nutrientes del suelo disminuye y el árbol muestra un vigor que le permite iniciar un crecimiento rápido e inmediato caracterizado por la formación de madera con grandes lumenes celulares (SPURR & BARNES, 1982).

Experimentos como el realizado por ZEEUW & GRAY en 1972 vienen a ratificar lo anteriormente expuesto. Se compararon seis árboles de melina creciendo en plantaciones de Honduras y ocho de Nigeria, con un régimen de claras similar al practicado en las parcelas que se han denominado con tratamiento intensivo, frente a siete de Tailandia creciendo de forma natural. Se concluyó que los árboles que crecían en plantaciones comerciales presentaban una densidad similar, mientras que los que crecían en bosques naturales poseían una densidad mayor que los anteriores. Esa diferencia de peso específico es debida principalmente a la porosidad (KOLLMAN & CÔTE, 1968). El hecho de que árboles de melina sometidos a claras intensas tengan una densidad menor y que ésta sea debida a la porosidad ratifica el resultado de un mayor diámetro de vasos en árboles procedentes de plantaciones aclaradas intensamente en Costa Rica.

Por otra parte el mayor crecimiento diametral de los árboles de melina procedentes de plantaciones en estaciones de la Zona Húmeda y de plantaciones donde se han ejecutado trabajos selvícolas intensos (ARAYA, 2001) está directamente relacionado con el número de radios por milímetro en la madera.

Los radios leñosos ejercen dos funciones básicas: son elementos de trabazón entre las fibras y realizan el transporte de los productos asimilados en las hojas desde el liber al leño del tallo y de las raíces y, viceversa, conducen agua del cuerpo leñoso hacia fuera (STRASBURGER, 1986). Un mayor crecimiento del anillo no supone sólo la formación de elementos longitudinales, el cambium genera también más radios leñosos, aumentando así el número de elementos de unión entre las fibras y la capacidad de transporte en dirección radial del árbol.

Agradecimientos

A la Agencia Española de Cooperación Internacional y al Ministerio de Educación, Cultura y Deporte por la financiación parcial de este proyecto; a la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, y en concreto al Profesor Róger Alonso Moya Roque, por la aportación de las muestras y a Daniel Zeledón Ortiz por su colaboración.

BIBLIOGRAFÍA

- AKACHUKU, A.E. & BURLEY, J.; 1979. Variation of wood anatomy of *Gmelina arborea* Roxb. in Nigerian plantations. IAWA Bulletin. 4: 94-99.
- ALFARO, M.; 2000. Trabajadores Forestales (I parte). Desde el bosque. Año 2(2). 15 pp.
- ARAYA, L.; 2001. Efectos del manejo forestal sobre el duramen, corteza y médula de *Gmelina arborea* plantada en la zona norte y pacífico seco de Costa Rica. Informe de práctica de especialidad. Escuela de Ingeniería Forestal. ITCR. Cartago. 71 pp.
- ARCE H. y RUIZ Y.; 2001. Estudio de casos sobre combustibles forestales. Proyecto Información y análisis para el manejo forestal sostenible: Integrando esfuerzos nacionales e internacionales en 13 países tropicales de América Latina. Proyecto FAO-UE GCP/RLA/113/EC. 31 pp.
- AUS DER BEEK, R. y SÁENZ, G.; 1992. Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque; estudio de caso en los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica.
- BAAS, P.; 1973. The wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. Blumea 2: 193-258.
- BAAS, P.; 1976. Some functional and adaptive aspects of vessel member morphology. In: Wood Structure in Biological and Technological Research (eds. P. Baas, A.J. Bolton & D.M. Catling). Leiden Bot. Ser. No. 3: 157-181. Leiden Univ. Press, The Hague.
- BLAZER, J. y CAMACHO, M.; 1991. Estructura, composición y aspectos silviculturales de un bosque de roble (*Quercus ssp.*) del piso montano en Costa Rica.
- CARLQUIST, S.; 1975. Ecological strategies of xylem evolution. Univ. of California Press, Berkeley. 259 pp.
- GÓMEZ, L.; 1986. Vegetación de Costa Rica: Apuntes para una biogeografía costarricense.

- Vegetación y clima de Costa Rica. Volumen 1. EUNED. San José. Costa Rica.
- GRAAFF, N.A. VAN DER, & P. BAAS.; 1974. Wood anatomical variation in relation to latitude and altitude. *Blumea* 22: 101-121.
- KOLLMANN, F.F.P. & CÔTÉ, W.A.; 1986. Principles of Wood science and technology I. Solid wood. Springer. New York.
- LEGA F.; 1988. Estudio de la forma de *Gmelina arborea* Roxb. Análisis de las plantaciones de Manila, Siquirres. Tesis Mg. Sc. Universidad de Costa Rica y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- MURILLO, O. y VALERIO, J.; 1991. Melina (*Gmelina arborea*) especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. Turrialba. Serie Técnica. Informe Técnico n° 181, 69 pp.
- OUTER, R.W. DEN & VEENENDAAL, W.L.H. VAN.; 1976. Variation in wood anatomy of species with a distribution covering both rain forest and savannah areas of the Ivory Coast, West Africa: In: Wood Structure in Biological and Technological Research (eds. P. Baas, A.J. Bolton & D.M. Catling. Leiden Bot. Ser. No. 3: 182-195. Leiden Univ. Press, The Hague.
- SAGE y QUIRÓS, R. 2001. Proyección del volumen de madera para aserrío proveniente de las plantaciones de melina, teca, y otras fuentes. Proyecto Mercadeo e industrialización de madera proveniente de plantaciones forestales: TCP(COS/006(A))-FAO.
- SINAC; 2000. El sector forestal. Sistema Nacional de Áreas de Conservación. Ministerio de Energía y Minas. Costa Rica
- SPURR, S.H. & BARNES, B.V.; 1982 *Ecología Forestal*. AGT Editor. México.
- STRASBURGER E.; 1986. Tratado de Botánica. Ed. Marín. 169 p.
- VALERIO; 1986. Evaluación de nueve procedencias de *Gmelina arborea* Roxb. en Turrialba, Costa Rica. Sistema de Estudios de Postgrado Universidad de Costa Rica.
- ZEEUW, C. y GRAY, R.; 1972. Specific gravity variation in *Gmelina arborea* Roxb. *IAWA Bulletin* 3(1): 3-11.

TABLAS

Variable	Nº medidas
Diámetro tangencial de vasos	243
Número de vasos / mm ²	178
Diámetro de punteaduras intervasculares	174
Altura de radios multiseriados	541
Altura de radios uniseriados	866
Número de radios / mm	174

Tabla 1. Número de medidas realizadas para cada variable anatómica

Diámetro tangencial de vasos					
Fuente	S. Cuadrados	G. de libertad	C. medios	F-ratio	P-Value
FACTOR					
A:Tratamiento	7225,39	2	3612,69	4,96	0,0078
B: Zona	212,945	1	212,945	0,29	0,5892
AB:Interacción	1131,25	2	565,624	0,78	0,4611
Error	172621,0	237	728,358		
Total corregido	181004,0	242			
Número de radios / mm					
Fuente	S. Cuadrados	G. de libertad	C. medios	F-ratio	P-Value
FACTOR					
A:Tratamiento	36,2699	2	18,1349	5,62	0,0043
B: Zona	63,0011	1	63,0011	19,53	0,0000
AB:Interacción	0,200894	2	0,100447	0,03	0,9693
Error	541,874	168	3,22544		
Total corregido	641,707	173			
Número de vasos / mm ²					
Fuente	S. Cuadrados	G. de libertad	C. medios	F-ratio	P-Value
FACTOR					
A:Tratamiento	29,2721	2	14,6361	3,07	0,0500
B: Zona	8,34147	1	8,34147	1,75	0,1880
AB:Interacción	4,35398	2	2,17699	0,46	0,6346
Error	821,07	172	4,77366		
Total corregido	862,388	177			
Altura de radios uniseriados					
Fuente	S. Cuadrados	G. de libertad	C. medios	F-ratio	P-Value
FACTOR					
A:Tratamiento	988,877	2	494,439	0,37	0,6932
B: Zona	2887,94	1	2887,94	2,14	0,1434
AB:Interacción	4051,37	2	2025,69	1,50	0,2232
Error	1,15973E6	860	1348,52		
Total corregido	1,17064E6	865			

Tabla 2. Análisis de varianza (p=0,05)

Diámetro de punteaduras		
Subzona	Nº Mediciones	Rango medio
1	27	65,4074
2	30	75,9667
3	30	94,8667
4	27	86,2778
5	30	87,25
6	30	112,9
P-Value		0,05141\geq0,05
Altura de radios multiseriados		
Subzona	Nº Mediciones	Rango medio
1	114	264,702
2	76	239,533
3	53	286,632
4	120	273,95
5	109	285,45
6	69	276,101
P-Value		0,535415\geq0,05

Tabla 3. Test de Kruskal-Wallis